

УДК 621.785.5.621.793

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ХРОМОАЛІТОВАНОГО СПЛАВУ ВТ6

к.т.н., доц. Бобіна М.М., Соловар О.М., к.т.н. Смокович І.Я. студ. Романішин Р.
Національний технічний університет України «КПІ», Інженерно – фізичний факультет, кафедра МТО

Показана можливість формування захисних покриттів на титановому сплаві ВТ6. Досліджена структура гетерогенного комплексного покриття. Визначена зносостійкість та коефіцієнти тертя в умовах тертя ковзання.

Для розширення області застосування, забезпечення експлуатаційної надійності та збільшення ресурсу використання деталей машин, конструкцій, що виготовлені з титану та його сплавів, доцільно проводити дифузійне насичення їх поверхні елементами, що утворюють щільні шари з захисними властивостями. Дифузійні покриття, нанесені на поверхню титану та титанових сплавів приводять до зміни хімічного складу, структури і властивостей поверхневого шару металу [1].

Останнім часом до покриттів висувають вимоги, згідно яких необхідно поєднати одразу декілька їх властивостей. Відомо [1], що найбільш високий комплекс властивостей може бути досягнутий при формуванні багатошарових покриттів, при експлуатації яких кожний шар або фазова складова виконують свої функції. Одним з шляхів отримання такого роду покриттів на титанових сплавах може бути одночасне насичення їх поверхні алюмінієм та хромом.

Титанові сплави мають ряд недоліків, що обмежує їх застосування для виробів, працюючих при високих температурах, в умовах тертя і контактних навантажень. Найбільш значні з них – низька жаростійкість, малі твердість поверхні та зносостійкість.

Відомо[2-4], що хромоалітування нікелевих сплавів та титанових сплавів на інтерметалідній α - TiAl , α_2 – Ti_3Al основі підвищує їх стійкості до окислення при високих температурах. Однак, для конструкційних титанових сплавів, які все ширше застосовуються для виготовлення деталей конструкцій та приладів сучасних галузей вітчизняної промисловості, дифузійне хромоалітування практично не вивчене і носить лише оглядовий характер.

Отримання на поверхні титанових сплавів фаз, збагачених алюмінієм та хромом, повинно супроводжуватися значним підвищенням їх жаростійкості. Висока твердість сполук, розташованих на зовнішній поверхні покриття, дозволить підвищити зносостійкість титанових сплавів та розширити області їх використання

В роботі було досліджено можливість формування комплексних хромоалітованих покриттів на титановому сплаві ВТ6 з порошкових сумішей складу: 10 % мас. Алюмінію, 45% мас. Хрому, 37 % мас. Al_2O_3 і 8 % мас. Активатору NH_4Cl . Температура ізотермічної витримки становила 1050 °С, час – 3 години

Покриття (рис.1) складається з кількох фаз, основні характеристики, яких приведені в таблиці 1. Треба відзначити, що в покритті на поверхні розташований шар нітриду титану TiN , під ним – шар сполуки Ti_2AlN . Обидві сполуки утворилися за рахунок азоту повітря, що залишився в контейнері. Саме ці шари мають максимальну мікротвердість 16 та 14 ГПа відповідно. Нижче розташовані шари інтерметалідів забезпечують більш плавний перехід мікротвердості від нітридного шару до матриці .

Присутність на поверхні твердих фаз дозволяє припустити значне підвищення трибо технічних характеристик титанових сплавів після хромоалітування.

Дослідження зносостійкості проводилися на установці 2070СМТ-1. Машина призначена для випробування металів, сплавів та жорстких конструкційних пластмас з реєстрацією отриманих даних в ПК. Принцип дії машини заключається в стиранні пари зразків, що притискуються один до одного із заданою силою. При випробуванні пари

«диск – колодка» – диск обертається а колодка залишається нерухомою. Під час випробування реєструються частота обертання, момент тертя, сила притискування, величина зносу та число циклів наробітки. Як матеріал контртіла, була використана загартована та відпущена сталь У8 у вигляді диску радіусом 50 мм та товщиною 10, з поверхневою твердістю 62 HRC.

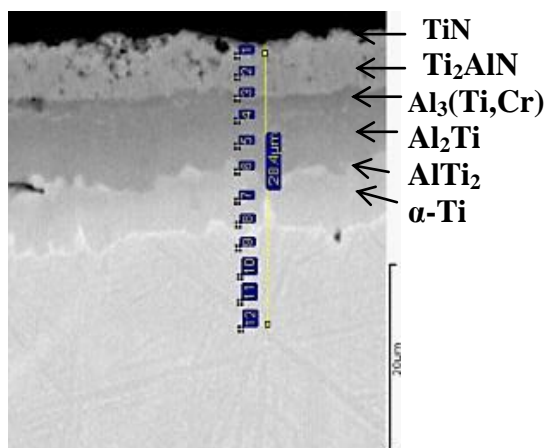


Рис.1 Мікроструктура покриттів, отриманих хромоалітуванням сплаву ВТ6:
T=1050 °C, τ= 3год.

Таблиця 1

Фазовий та хімічний склад хромоалітованих покриттів на сплаві ВТ6

Вид покриття	Фазовий склад	Періоди, гратки, Å	Товщина покриття, мкм	Мікротвердість, ГПа	Хімічний склад, % мас.
Хромоалітування з порошкових сумішей складу: 10 % мас. Al+ 45% мас. Cr+ 37 % мас. Al ₂ O ₃ + 8 % мас. NH ₄ Cl	TiN	a=4,2340	1,5-2,5	16,0	Ti:78,2-78,5; Al:7,0-7,9; N: 12,5-12,8 V:1,0;
	Ti ₂ AlN	a = 2,9882 c = 13,5757	3,5-4,0	14,0	Ti:74,3-74,7; Al:17,9-19,2; N: 5,5-6,3; V:0,9-1,0;
	Al ₃ (Ti,Cr)	a=3,9600	2,5-3,0	5,0-5,5	Al:57,5-60,0; Ti:30,3-30,7; Cr:8,0; V:1,83;
	Al ₂ Ti	a=3,9665 c=24,3238	5,5-7,0	5,0-5,5	Ti:44,1-44,4; Al:52,0-52,5; Cr:1,3-1,5; V: 1,8-1,9;
	AlTi ₃	a=5,8106 c=4,6684	2,0-3,0	4,0-4,5	Ti:77,0-77,5; Al:19,4-19,9; Cr:0,8-1,2; V:1,8-2,3;
	α-Ti	a = 2,9090 c = 4,6546	3,0	4,0-3,6	Ti:85,0-85,3; Al:11,3-11,7; Cr:0,7; V:1,8-2,3

Швидкість обертання контр тіла складала 2,5, 5 та 7,5 м/с при навантаженні 10 та 20 Н. Час випробування 1, 3 та 5 хвилин.

Коефіцієнт тертя трибопари розраховували за формулою:

$$F=(M_{\text{тр}}-M_{\text{трм}})/d_0 \cdot P,$$

де $M_{\text{тр}}$ – момент тертя;
 $M_{\text{трм}}$ – власний момент тертя машини;
 d_0 – зовнішній діаметр контртіла;
 P – сила притискування зразка.

Зношування визначали по втраті ваги зразків контактів на одиницю поверхні.

Власний момент тертя установки $M_{\text{трм}}$ визначали шляхом холостого пуску (без притискування до контртіла) на 10 хвилин.

Проведенні випробування показали підвищення триботехнічних характеристик зразків після хіміко-термічної обробки в умовах тертя-ковзання (рис. 2).

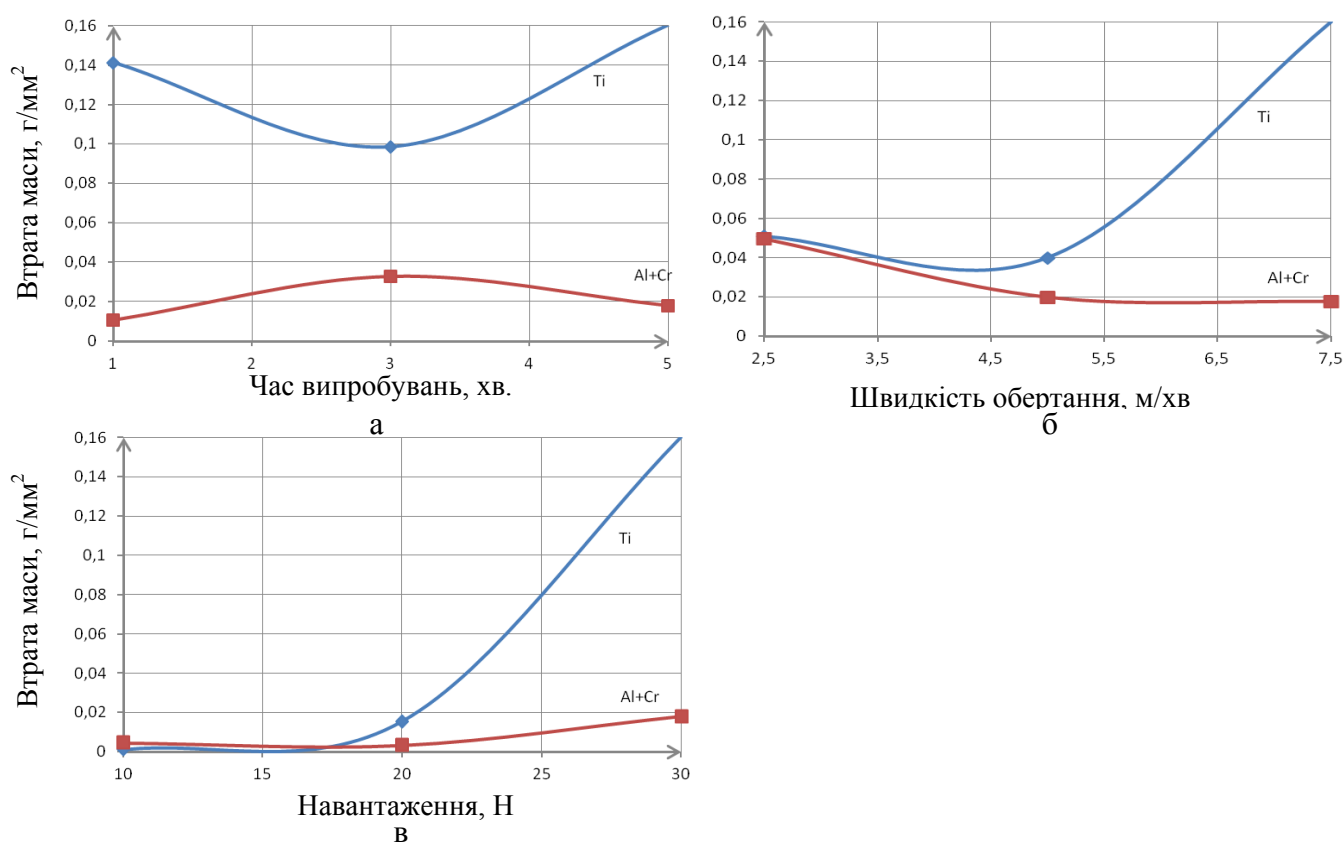


Рис. 2. Залежність втрати маси хромоалітованого ВТ6 від параметрів випробувань
 а – $V=7,5$ м/хв, $P=30$ Н б – $\tau=5$ хвилин, $P=30$ Н в – $\tau=5$ хвилин, $V=7,5$ м/хв.

При всіх режимах випробувань зразки з нанесеними на поверхню хромоалітованими покриттями показали зносостійкість 2-8 разів вищу ніж вихідні. Посилення умов випробувань приводило к значному зростанню різниці втрат маси зразків вихідних та після хіміко-термічної обробки.

Деяке збільшення втрати маси впродовж перших 3 хвилин випробувань зразків з покриттями можна віднести за рахунок припрацювання поверхонь, що труться. В той же час, вихідні зразки навпаки, зменшили втрату маси за цей же час. Це може бути результатом швидкого розігрівання та окислення поверхні тертя. Утворений оксид титану TiO_2 , як відомо [20], може слугувати природним мастилом при терті.

Різде зношування вихідних зразків при найбільш жорстких режимах випробувань пояснюється захоплюванням титанового сплаву з поверхнею контртіла табл.2.

Зміна маси контртіла ($V = 7,5$ м/хв, $P = 30$ Н, $\tau = 5$ хвилин)

Стан поверхні	Зміна маси, г/мм ²
Вихідний	+ 0,0029
Хромоалітування	- 0,002

Збільшення навантаження та швидкості обертання контртіла мало впливає на зношування хромоалітованих зразків і значно погіршує стійкість вихідного сплаву ВТ6

При всіх режимах випробувань коефіцієнт тертя для пари хромоалітоване покриття-контртіло був менший, ніж для вихідного сплаву (рис. 2).

При максимальній швидкості 7,5 м/с коефіцієнт тертя найменший, в порівнянні з попереднім значенням. Це пояснюється тим, що в процесі тертя при такій швидкості нітрид титану, який розташований на поверхні інтенсивно розігрівається і окислюється. Оксид титану TiO_2 при підвищених температурах стає достатньо пластичним щоб виступити в ролі сухого мастила та полегшити ковзання контактуючих поверхонь [1].

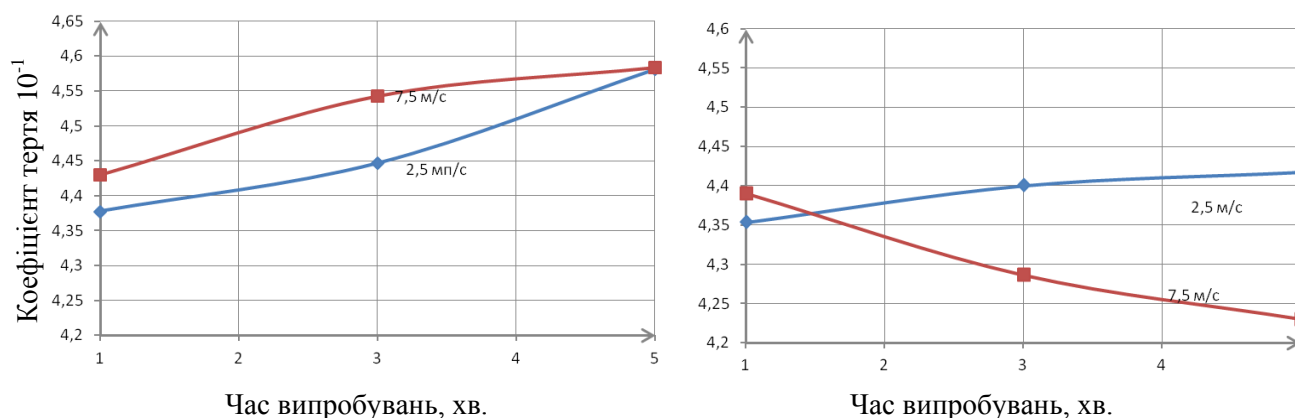


Рис. 3. Зміна коефіцієнту тертя від часу випробувань, навантаження 30 Н

а – вихідний сплав ВТ6; б – сплав ВТ6 з хромоалітованим покриттям

Таким чином, нанесення хромоалітованого покриття підвищує зносостійкість титанового сплаву ВТ6 в умовах сухого тертя ковзання: втрати маси в залежності від умов випробувань зменшуються в 5-8 разів, а коефіцієнт тертя – на (5-10)%

ЛІТЕРАТУРА

1. Земсков Г. В., Коган Р. Л. Многокомпонентное диффузионное насыщение металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
2. Сорокин В.Г. Исследование алюмосилицидных покрытий для сплавов на основе никеля / В.Г. Сорокин, Б.Н. Гузанов, В.С. Литвинов, С. В. Косицын // Защитные покрытия на металлах. – 1980. – № 14. – С.25–29.
3. Lee J.K. Plasma-sprayed Al–21Ti–23Cr coating for oxidation protection of TiAl alloys / J.K. Lee, M.H. Oh, H.K. Lee, D.M. Wee // Surface and Coatings Technology. – 182. – 2004. – P. 363–369.
4. Fox-Rabinovich G. S. Oxidation resistant Ti-Al-Cr alloy for protective coating applications / G .S. Fox-Rabinovich, D. S. Wilkinson, S. C. Veldhuis, G. K. Dosbaeva, G. C. Weaterly // Intermetellics. – № 14. – 2006. – P. 189–197.